



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **AVALUACIÓ DE LA POLS D'EXTINTOR COM A MATÈRIA PRIMERA PER LA FORMULACIÓ DE FERTILITZANTS**

**Treball Final de Grau**

**Autor: Pere Frigola Tepe**

**Tutora: Núria Cañameras Riba**

**Cotutor: Jordi Comas Angelet**



**10 / juny / 2019**



**Grau en Enginyeria de Sistemes Biològics**





## Resum

El present estudi vol determinar si la pols d'extintor caducada es pot reciclar com a adob mineral. L'estudi compara el creixement de *Lactuca sativa* cv. Trocadero utilitzant un fertilitzant mineral (S.A.) i un fertilitzant a base de pols d'extintor (N.P.) amb una concentració equivalent de sulfat amònic i fosfat mono amònic. D'aquesta manera, realitzant 5 tractaments, es vol determinar si la pols d'extintor pot ser utilitzada com a fertilitzant amb interès agronòmic.

La quantitat de nitrogen a la part aèria de l'enciam no es veu influïda significativament pel tipus tractament, però en la dosi triple s'observen valors significativament superiors pel tractament amb fertilitzant mineral. El N aportat amb la solució nutritiva de Hoagland cobreix les necessitats dels enciams. Pel contrari, els enciams tractats amb fertilitzant mineral, absorbeixen millor el calci, el magnesi, el sofre i el fòsfor, però en canvi, no absorbeixen tant bé el potassi.

Pel que fa als micronutrients, els enciams tractats amb fertilitzant mineral absorbeixen millor el Mn i el Cu que els altres tractaments. En canvi, pels micronutrients Fe i Zn, no s'han observat diferències significatives entre tractaments. Finalment pel B, no s'han obtingut diferències significatives entre tractaments.

En general, la quantitat de macronutrients i micronutrients en els experiments tractats amb pols d'extintor no presenten diferències significativament rellevants amb el cultiu control. Tot i que el fertilitzant a base de pols d'extintor no pot substituir qualitativament el fertilitzant mineral, es pot utilitzar de forma satisfactòria com a adob agronòmic.

## Resumen

El presente estudio quiere determinar si el polvo de extintor caducado se puede reciclar como abono mineral. El estudio compara el crecimiento de *Lactuca sativa* cv. Trocadero utilizando un fertilizante mineral (S.A.) y un fertilizante a base de polvo de extintor (N.P.) con una concentración equivalente de sulfato amónico y fosfato mono amónico. De este modo, realizando 5 tratamientos, se quiere determinar si el polvo de extintor puede ser utilizado como fertilizante con interés agronómico.

La cantidad de nitrógeno en la parte aérea de la lechuga no se ve influida por el tipo de fertilizante pero en la dosis triple se observan valores significativamente superiores para el tratamiento con fertilizante mineral. El N aportado con la solución nutritiva de Hoagland cubre las necesidades de las lechugas. Por el contrario, las lechugas tratadas con fertilizante mineral, absorben mejor el calcio, el magnesio, el azufre y el fósforo, pero, no absorbe tan bien el potasio.

En cuanto a los micronutrientes, las lechugas tratadas con fertilizante mineral absorben mejor el Mn y el Cu que los otros tratamientos. En cambio, por el micronutrientes Fe y Zn, no se han observado diferencias significativas. Finalmente por el B, no se han obtenido diferencias significativas entre tratamientos.

En general, la cantidad de macronutrientes y micronutrientes en los experimentos tratados con polvo de extintor no presentan diferencias significativamente relevantes con el cultivo control. Aunque el fertilizante a base de polvo de extintor no puede substituir cualitativamente el fertilizante mineral, se puede utilizar de forma satisfactoria como abono agronómico.



## Abstract

The present study seeks to determine if the expired extinguisher powder can be recycled as a mineral fertilizer. The study compares the growth of *Lactuca sativa* cv. Trocadero using a mineral fertilizer (S.A.) and a fertilizer based on extinguisher powder (N.P.) with an equivalent concentration of ammonium sulfate and ammonium phosphate. Realizing 5 treatments, we want to determine if the dust of fire extinguisher can be used as a fertilizer with agronomic interest.

The amount of nitrogen in the aerial part of the lettuce is not influenced by the type of fertilizer but in the triple dose we can see significantly higher values for the treatment with mineral fertilizer. The N contributed with Hoagland's nourishing solution covers the needs of the lettuce. On the contrary, lettuces treated with mineral fertilizers better absorb calcium, magnesium, sulfur and phosphorus, but on the other hand, it doesn't absorb potassium so well.

Regarding micronutrients, lettuces treated with mineral fertilizers absorbed better Mn and Cu than the other experiments. On the other hand, no significant differences between treatments have been observed on the absorption of Fe, Zn and B.

In general, the amount of macronutrients and micronutrients in the experiments treated with extinguishing powder do not present significant differences with the control culture. Although the fertilizer based on extinguisher powder can't be replaced qualitatively the mineral fertilizer, we conclude that extinguishing powder can be used satisfactorily as an agronomic fertilizer.

## Sumari

<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDIX DE FIGURES</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDIX DE TAULES</b>	<b>11</b>
<b>SÍMBOLS I ACRÒNIMS</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJECTIUS</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIALS I MÈTODES</b>	<b>17</b>
3.1. Material vegetal .....	17
3.2. Ubicació de l'assaig .....	17
3.3. Disseny de l'assaig .....	17
3.3.1. Fertilitzants .....	17
3.3.2. Necessitats fertilitzants .....	18
3.4. Preparació del cultiu .....	19
3.4.1. Variables avaluades .....	21
3.5. Anàlisi estadístic .....	22
<b>4. RESULTATS</b>	<b>24</b>
4.1. Producció de matèria seca de la part aèria de l'enciam .....	27
4.2. Macronutrients .....	27
4.2.1. Nitrogen .....	28
4.2.2. Fòsfor .....	29
4.2.3. Potassi .....	30
4.2.4. Calci .....	31
4.2.5. Magnesi .....	32
4.2.6. Sofre .....	33
4.3. Micronutrients .....	34
4.3.1. Ferro .....	34
4.3.2. Manganès .....	35
4.3.3. Zinc .....	36
4.3.4. Coure .....	37
4.3.5. Bor .....	38

<b>5. DISCUSSIÓ</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>43</b>
5.1. Referències bibliogràfiques.....	43
5.2. Bibliografia complementària.....	44



## Agraïments

Per començar vull expressar el meu sincer agraïment al meu cotutor, el Dr. Jordi Comas Angelet, que des del inici d'aquest treball, m'ha guiat i m'ha ajudat molt en la realització del TFG.

També vull agrair a la meva tutora, la Dra. Núria Cañameras Riba, per aconsellar-me ajudar-me en la recta final del TFG.

Finalment, un gran agraïment a en Miquel responsable de l'Agròpolis, per la seva ajuda en el cultiu dels enciams.



## Índex de figures

- Figura 1. Procés de fabricació del fertilitzant a base de pols d'extintor. Font: (Serravinyals-Pons, 2016). \_\_\_\_\_ 14
- Figura 2. Enciam de l'espècie *Lactuca sativa* cv. Trocadero, cultivat en hivernacle. Font: pròpia. \_\_\_\_\_ 15
- Figura 3. Distribució i orientació dels recipients. C = control; Pols N.P. x 2 = doble dosis de pols d'extintor; Pols N.P. x 3 = triple dosis de pols d'extintor; S.A. x 2 = doble dosis de fertilitzant convencional; S.A. x 3 = triple dosis de fertilitzant Instal·lació amb els recipients previ al cultiu del planter. Font: pròpia \_\_\_\_\_ 20
- Figura 4. Estructura i recipients utilitzats per cultivar els enciams. Aspecte dels enciams el 6 d'abril del 2018. Font: pròpia. \_\_\_\_\_ 21
- Figura 5. Enciams tallats i col·locats en safates d'alumini. Estufa de laboratori amb les safates a punt de començar la primera fase d'assecatge. Font: pròpia \_\_\_\_\_ 21
- Figura 6. A l'esquerra es pot veure l'enciam sec i a la dreta un cop triturat. \_\_\_\_\_ 22
- Figura 7. Diagrama de caixes que mostra el rendiment de matèria seca (en grams) de la part aèria dels enciams en cada experiment. Els punts presenten els valors mitjans. \_\_\_\_\_ 27
- Figura 8. Diagrama de caixes que mostra el percentatge de nitrogen (N) en les fulles. \_\_\_\_\_ 28
- Figura 9. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de fòsfor (% P) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el fòsfor residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm P/m<sup>3</sup> de sòl) . \_\_\_\_\_ 29
- Figura 10. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de potassi (% K) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el potassi residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm K/m<sup>3</sup> de sòl) . \_\_\_\_\_ 30

**Figura 11.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de calci (% Ca) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el calci residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Ca/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 31

**Figura 12.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de magnesi (% Mg) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el magnesi residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Mg/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 32

**Figura 13.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de sofre (% S) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el sofre residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm S/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 33

**Figura 14.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de ferro (% Fe) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el ferro residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Fe/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 34

**Figura 15.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de manganès (% Mn) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el manganès residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Mn/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 35

**Figura 16.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de zinc (% Zn) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el zinc residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Zn/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 36

**Figura 17.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de Coure (% Cu) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el coure residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Cu/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 37

**Figura 18.** Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de bor (% B) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el bor residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm B/m<sup>3</sup> de sòl). \_\_\_\_\_ 38



## Índex de taules

Taula 1. Experiments realitzats: indica el nombre de replicues utilitzades, la dosis establerta d'acord als requeriments de l'enciam (taula 2) i el tipus de fertilitzant emprat. Font: pròpia.	18
Taula 2. Quantitat de nutrients en les fulles; concentració per a enciam de 400g; concentració de nutrients per kg de sòl. Font: pròpia.	18
Taula 3: Fertilitat del sòl. Font: pròpia.	19
Taula 4: Composició de la solució nutritiva Hoagland. Font: pròpia.	20
Taula 5 i 6. Tests ANOVA per tipus vegetal x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).	24
Taula 7 i 8. Tests ANOVA per tipus sòl x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).	25
Taula 9 i 10. T-test per tipus vegetal x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).	25
Taula 11 i 12. T-test per tipus sòl x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).	26

## Símbols i acrònims

Fertilitzant a base de pols d'extintor (N.P.)

Fertilitzant mineral (S.A.)

Dosis doble (x2)

Dosis triple (x3)



## 1. Introducció

Actualment, s'estan desenvolupant estudis dels factors que afecten en el creixement dels cultius per tal d'obtenir un major rendiment del producte. Paral·lelament, s'estan estudiant tècniques de producció que siguin compatibles amb la conservació del medi ambient. L'objectiu d'utilitzar tècniques més sostenibles és també protegir els agricultors de productes o tècniques perjudicials per la seva salut i obtenir un producte de major qualitat (Criollo et al., 2012)

En el cas de les tècniques d'abonament dels cultius, s'estan substituint els fertilitzants químics per un gran varietat de fertilitzants orgànics i minerals (Grazia et al., 2001).

El present estudi va ser sol·licitat per l'empresa de "Servicios Translogísticos y Afines" (STA), S.L. (Balaguer), especialitzada en la fabricació de fertilitzants i compostos nitrogenats. La mateixa empresa va proporcionar tot el material utilitzat en l'estudi.

La composició química de la pols d'extintor ABC és òptima per apagar focs de classe A, B o C, tal com estipulen els seus fabricants. La pols d'extintor s'utilitza per recobrir el foc i d'aquesta manera apagar-lo per sufocació. El foc de tipus A és un foc de combustible sòlids (fusta, paper, carbó, etc.); el foc de tipus B de combustible líquids o sòlids liquables (gasolina, fuel, olis, greixos, quitrà, etc.) i el foc de tipus C de combustibles gasosos (acetilè, propà, butà, etc.) (Su et al., 2014; Boné-Castellet, 2011).

La composició de la pols d'extintor ABC consisteix en 40% de sulfat amònic (21%N), 55% de fosfat monoamònic (11%N, 24%P), 5% de pols de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), 1% d'oli de silicona i 0'04% colorant blau.

La pols d'extintor es caracteritza per ser una partícula sòlida i fina, sense grumolls ni aglomerats. Quan perd aquesta qualitat i comença a formar aglomerats, el producte perd la seva eficiència i ja no és adequat per a apagar focs. Per tant, es diu que aquella pols d'extintor ha caducat i s'haurà de substituir. El residu de pols d'extintor s'ha de gestionar degudament i, donat que conté sulfat amònic i fosfat mono càlcic, es pot utilitzar com a matèria prima per a la fabricació de fertilitzants minerals degut al seu interès agronòmic (Boné-Castellet, 2011; Serravinyals-Pons, 2016).

La pols d'extintor, per tant, s'obté barrejant un 40% de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  i un 55% de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ . D'aquesta manera, la riquesa de la pols d'extintor consisteix en un 14,5% de nitrogen (N), un 13,2% de fòsfor (P) i un 9,6% de sofre (S). La figura 1 mostra el procediment de fabricació del fertilitzant a base de pols d'extintor (Serravinyals-Pons, 2016)

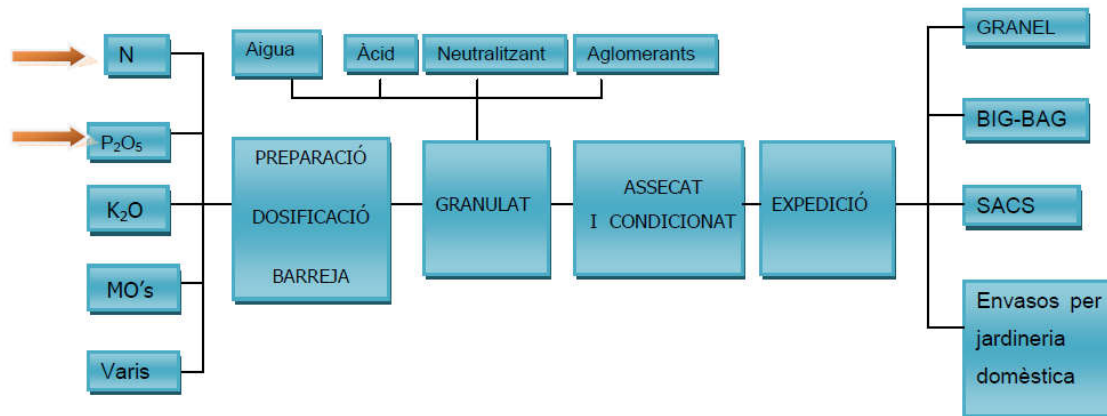


Figura 1. Procés de fabricació del fertilitzant a base de pols d'extintor. Font: (Serravinyals-Pons, 2016).

A l'Annex I del Reglament 2003/2003, la pols d'extintor s'ha classificat com a fertilitzant compost NP, B.2.1. Aquest fertilitzant a part dels macronutrients primaris nitrogen i fòsfor, conté un macronutrient secundari, el sofre.

La pols d'extintor no presenta cap component contaminant pel sòl ni per l'aigua. Per altre banda, la quantitat de metalls pesants que presenta està molt per sota del contingut màxim permès. D'aquesta manera no suposa un perill pel medi ambient. Per tant, utilitzant el residu de pols d'extintor, retornem els nutrients al sòl d'una forma sostenible (Serravinyals-Pons, 2016).

En estudis realitzats fins ara s'ha definit que els factors amb una major influència en la taxa de creixement de l'enciam són la radiació, la temperatura i la nutrició nitrogenada. El temps per obtenir un exemplar de major mida disminueix si la radiació solar incident augmenta. Si el cultiu es porta a terme al camp, influeix la temperatura, sobretot en les fase inicials del cultiu, i els desequilibris hídrics. Per tant, la radiació solar determina la taxa de producció de biomassa i la temperatura el desenvolupament de l'àrea foliar (Aroca et al., 2008; Dapoigny et al., 2000 ; Gaudreau et al., 1994; Grazia, et al., 2001).

Per altra banda, el nitrogen és el macro nutrient que presenta una major influència en la producció i la qualitat nutritiva de l'enciam. Durant les tres últimes setmanes prèvies a la collita, el 70% del nitrogen és absorbit. La corba d'absorció del nitrogen, coincideix amb la corba de la taxa de creixement. El nitrogen és un nutrient fàcilment lixiviat per l'aigua de irrigació (Grazia et al., 2001).

*Lactuca sativa* cv. Trocadero (Fig. 2) pertany a la família Compositae, molt rellevant entre els cultius d'hortalisses de fulla (Carranza et al., 2009). És una planta herbàcia anual que presenta unes fulles grans amb morfologia allargada. Es cultiva en zones temperades d'arreu del món i en hivernacles, per tal d'obtenir-ne el producte al llarg de tot l'any. L'enciam està constituït per un elevat percentatge d'aigua (90-95%). Conté folats, provitamina A (Beta-caroté), vitamina C, i flavonoides amb una important acció antioxidant. També aporta petites quantitats de fitoesterols que redueixen els nivells sèrics de colesterol i el risc de patir càncer (Carranza et al., 2009).



Figura 2. Enciam de l'espècie *Lactuca sativa* cv. Trocadero, cultivat en hivernacle. Font: pròpia.



## 2. Objectius

L'objectiu principal de l'estudi és determinar si la pols d'extintor caducada es pot reciclar com a adob mineral.

Es parteix de la hipòtesi de treball que el valor agronòmic de la pols d'extintor i la del fertilitzant mineral elaborat amb sulfat amònic i fosfat mono amònic amb el mateix contingut en N, P i S és semblant.

- Definir la producció de matèria seca de la part aèria de *Lactuca sativa* cv. Trocadero, pel tractament control, el tractament amb fertilitzant mineral i el tractament amb fertilitzant a base de pols d'extintor.
- Definir el contingut total de macronutrients i micronutrients en els enciams, i les diferències entre tractaments.
- Determinar el contingut total de macronutrients i micronutrients disponibles al sòl, i les diferències entre tractaments.

### 3. Materials i mètodes

#### 3.1. Material vegetal

El material vegetal amb el que es va desenvolupar l'assaig va ser enciam (*Lactuca sativa* cv. Trocadero) subministrat per l'empresa "Servicios Transológicos y Afines" (STA), S.L.

#### 3.2. Ubicació de l'assaig

L'assaig agronòmic es va dur a terme a l'hivernacle de l'Estació Experimental Agròpolis de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) al terme municipal de Viladecans (Baix Llobregat) durant la primavera de 2018.

#### 3.3. Disseny de l'assaig

##### 3.3.1. Fertilitzants

Es van formular 5 tractaments basats amb el tipus de fertilitzant (2) i la dosi de nitrogen utilitzada (2) i es va comparar amb un tractament control. Es van utilitzar 4 rèpliques per tractament, és a dir, 20 enciams en total (Taula 1).

Els fertilitzants escollits (subministrats per STA, S.L.) van ser:

- **Fertilitzant a base de pols d'extintor NP:** Constituït per un 40 % de sulfat amònic (21 % N i 24% de S), un 55 % de fosfat mono amònic (11 % N, 55 %  $P_2O_5$ ), un 5 % de  $SiO_2$ , un 1% d'oli de silicona i un 0,04 % de colorant blau (Serravinyals-Pons, 2016). És a dir, contenia 14,45 % N, 13,31 % P, i 9,6% S.
- **Fertilitzant mineral convencional:** La concentració de sulfat amònic i fosfat mono amònic és equivalent al contingut present en la pols d'extintor (50% de Sulfat amònic i un 50% de fosfat mono amònic).

Els continguts de N, K i P de la pols d'extintor eren de 15,62% de N, 9,96 % de P i 0,1% de K (Serravinyals-Pons, 2016). El contingut de S és desconegut però com que el S és aportat pel sulfat amònic es pot suposar que és similar en els dos productes. Mitjançant les dades proporcionades

per STA, S.L. es va deduir que la composició del fertilitzant mineral era de 16% en N, 12,1% de P i 12% de S.

Per tant, podem veure que la composició en N, P i K és molt similar en els dos productes assajats.

Taula 1. Experiments realitzats: indica el nombre de replics utilitzades, la dosi establerta d'acord als requeriments de l'enciam (taula 2) i el tipus de fertilitzant emprat. Font: pròpia.

Nombre de rèpliques	Tipus de fertilitzant	Dosis
4 recipients	Control (sense fertilitzant)	-
4 recipients	Fertilitzant convencional (S.A.)	X2 (doble)
4 recipients	Fertilitzant convencional (S.A.)	X3 (triple)
4 recipients	Fertilitzant a base de pols d'extintor (N.P.)	X2 (doble)
4 recipients	Fertilitzant a base de pols d'extintor (N.P.)	X3 (triple)

### 3.3.2. Necessitats fertilitzants

Per a calcular les extraccions dels enciams s'ha suposat que el rendiment de matèria seca (MS) dels enciams és de 20 g per planta (Hartz et al., 2007).

Per determinar la quantitat de fertilitzant que s'havia d'afegir en cada experiment es va utilitzar la composició dels enciams establerta per Hartz et al., (2007). D'aquesta manera es van calcular els requeriments nutritius per enciam de 400g de pes fresc. Es va calcular la concentració dels nutrients en 2,65 kg de sòl necessaris per a nodrir un enciam de 400 g (Taula 2).

Taula 2. Quantitat de nutrients en les fulles; concentració per a enciam de 400g; concentració de nutrients per kg de sòl. Font: pròpia.

Elements	Composició fulles enciam		Concentració enciam		Concentració recipient	
Ca	36	mg/100 g MF	144,0	mg/planta	54	mg/kg de sòl
Mg	15	mg/100 g MF	60,0	mg/planta	23	mg/kg de sòl
K	250	mg/100 g MF	1000,0	mg/planta	377	mg/kg de sòl
Na	8	mg/100 g MF	32,0	mg/planta	12	mg/kg de sòl
N	210	mg/100 g MF	840,0	mg/planta	317	mg/kg de sòl
P	30	mg/100 g MF	120,0	mg/planta	45	mg/kg de sòl



<b>S</b>	10	mg/100 g MF	40,0	mg/planta	15	mg/kg de sòl
----------	----	-------------	------	-----------	----	--------------

A partir de la concentració de fòsfor en la pols d'extintor i el requeriment de fòsfor d'un enciam es pot calcular la quantitat de pols d'extintor o de fertilitzant convencional que s'ha d'afegir en cada recipient, segons la dosi establerta. La dosi de pols d'extintor i de fertilitzant mineral a aplicar per a cobrir les extraccions del cultiu era de 1,2 g per planta.

Per tant, una dosi correspon a 1,2 g pols extintor/planta. Per fer els tractaments vam decidir multiplicar una dosi per 1,5 i la vam anomenar dosi doble (1,8 g pols extintor/planta). Per altra banda, es va multiplicar una dosi per 2,5 i la vam anomenar dosi triple (3 g pols extintor/planta).

El substrat utilitzat provinent d'una parcel·la ubicada en el Parc Agrari del Baix Llobregat, presentava la següent composició (Taula 3).

Taula 3: Fertilitat del sòl. Font: pròpia.

Elements	Composició del sòl		Elements	Composició del sòl	
<b>pH</b>	7.8		<b>S</b>	44	ppm
<b>M.O.</b>	0.8	%	<b>B</b>	1	mg/Kg de sòl
<b>C.I.C.</b>	17	Miliequivalents/100g de sòl	<b>Cu</b>	13.3	mg/Kg de sòl
<b>P</b>	107	ppm	<b>Fe</b>	86	mg/kg de sòl
<b>K</b>	143	mg/kg de sòl	<b>Mn</b>	43	mg/kg de sòl
<b>Mg</b>	234	mg/kg de sòl	<b>Zn</b>	22.7	mg/kg de sòl
<b>Ca</b>	17080	mg/kg de sòl			

### 3.4. Preparació del cultiu

Es van plantar 20 enciams de l'espècie *Lactuca sativa* cv. Trocadeo en recipients de 3 litres de capacitat, el 15 de febrer del 2018.

Els recipients emprats consistien en la meitat superior d'ampolles de seguretat de laboratori de color àmbar, col·locades amb l'obertura a l'inrevés. A cada recipient es va realitzar un orifici d'1cm de diàmetre, pel qual mitjançant un tub de goma es traspassava l'aigua lixiviada en recipients

secundaris. Per altra banda, per retenir el substrat del recipient es va col·locar un teixit fibrós al tap de l'ampolla.

Seguidament, cada recipient es va omplir amb 2.65Kg de sòl provinent d'una parcel·la ubicada en el Parc Agrari del Baix Llobregat. Aquest sòl, prèviament, es va barrejar de forma homogènia amb els fertilitzants indicats.

Els tractaments i les seves rèpliques es van distribuir de forma aleatòria dintre de l'estructura que subjectava els contenidors utilitzats (Fig. 3) per evitar la rellevància en la posició durant el creixement del planter, és a dir, la incidència de la llum, la temperatura, etc (Falovo et al., 2009).

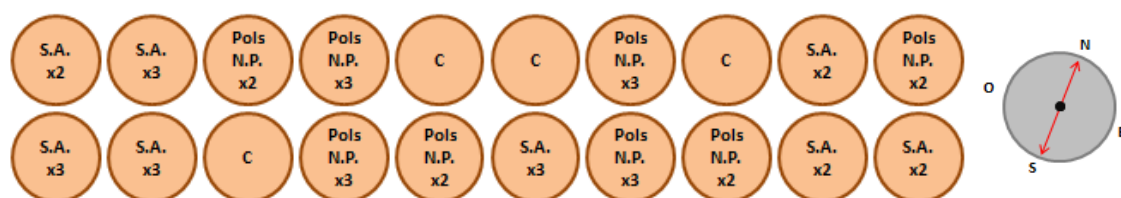


Figura 3. Distribució i orientació dels recipients. C = control; Pols N.P. x 2 = doble dosis de pols d'extintor; Pols N.P. x 3 = triple dosis de pols d'extintor; S.A. x 2 = doble dosis de fertilitzant convencional; S.A. x 3 = triple dosis de fertilitzant Instal·lació amb els recipients previ al cultiu del planter. Font: pròpia

Un cop plantats els enciams en el recipient corresponent, es van regar de forma abundant. Els regs posteriors van ser emprant un sistema de reg automàtic per degoteig, programat a un minut cada 48 hores. Tenint en compte les condicions meteorològiques, l'aspecte i la mida dels enciams, es va regular la freqüència i el temps de reg (Fig. 4). L'aigua de reg contenia una solució nutritiva de Hoagland (Taula 4).

Taula 4: Composició de la solució nutritiva Hoagland. Font: pròpia.

N	K	Ca	P	S	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
210	235	200	31	64	48	0.5	2.5	0.5	0.05	0.02	0.01



Figura 4. Estructura i recipients utilitzats per cultivar els enciams. Aspecte dels enciams el 6 d'abril del 2018. Font: pròpia.

### 3.4.1. Variables avaluades

El 29 d'abril del 2018 es van collir els enciams i se'n va mesurar el pes fresc de cada mostra, utilitzant una balança. Seguidament es van separar en bosses degudament etiquetades.

Al laboratori es va tallar cada enciam pel tronc de forma longitudinal, per tal de facilitar-ne la sortida de la humitat. Els exemplars es van col·locar en safates d'alumini amb paper de filtre a la base per tal d'absorbir-ne l'excés d'humitat (Fig. 5). Es van assecar a l'estufa de laboratori a una temperatura de 40º durant 24 hores, 60º durant 24 hores i a 70-80º fins arribar a pes constant (Fig. 5).



Figura 5. Enciams tallats i col·locats en safates d'alumini. Estufa de laboratori amb les safates a punt de començar la primera fase d'assecatge. Font: pròpia

Les mostres deshidratades es van pesar mitjançant una balança per obtenir el pes sec. Seguidament es van tallar i triturar mitjançant un molinet, separant el tronc de les fulles (Fig. 6).

La pols obtinguda es va guardar en bosses etiquetades per la posterior anàlisi dels macronutrients i micronutrients presents en la part aèria de l'enciam.



Figura 6. A l'esquerra es pot veure l'enciam sec i a la dreta un cop triturat.

El substrat dels testos es va passar per un tamís de 2 mm de diàmetre de porus, per extreure'n les arrels dels enciams. 30 g de cada mostra es varen guardar en bosses etiquetades per analitzar la quantitat des macronutrients i micronutrients que contenien. A més a més, es va agafar una mostra control del sòl del Parc Agrari del Baix Llobregat sense cultivar que es va enviar a analitzar.

Totes les mostres vegetals i de sòl es van enviar i analitzar al laboratori SpectrumAnalytic Inc.1087 Jamison Rd NW, Washington Court House, OH 43160-8748.

### 3.5. Anàlisis estadístic

Es van analitzar les variables següents

- En fulla, els continguts totals dels macronutrients: Ca, Mg, K, N, P i S. I dels micronutrients: Fe, Mn, Zn, Cu i B.
- En el sòl, els continguts total disponibles pel cultiu utilitzant com a extractant la solució de Melich 3. Els macronutrients extrets foren: Ca, Mg, K, P i S. I els micronutrients extrets: Fe, Mn, Zn, Cu i B.

Els resultats es mostren en forma de diagrames de caixa, realitzats amb el programa pyton 3.0 jupyter notebook, que mostre els valors més grans i més petits, i els quartils 1, 2 i 3.

El test ANOVA (o anàlisi de variància) és un test que s'utilitza en estudis estadístics per determinar si es pot descartar l'hipòtesi nul·la o no. Aplicant el test a un grup de tres o més mostres i definint com a hipòtesi nul·la que les seves mitjanes són iguals, podem determinar si una d'elles és significativament diferent a les altres. Aquesta significància ve determinada arbitràriament a través de dos límits: El valor alfa i el F-valor crític, ambdós estretament relacionats. En els resultats, quan F (en valor absolut) és major al F-valor crític i el p-valor inferior al valor alfa, podem dir que hi ha una diferència significativa.

En el nostre cas hem fet 4 tests ANOVA (separant les mostres per dosificació (x2 o x3) i per tipus (vegetal o sòl)) amb un valor alfa de 0,05 que resulta en un F-valor crític de 4,26.

El Student's t-test, o senzillament t-test és un test que s'usa en estudis estadístics per determinar si es pot descartar l'hipòtesi nul·la o no, en el cas de solsament dues mostres. Aplicant el test a dues mostres i definint com a hipòtesi nul·la que les seves mitjanes són iguals, podem determinar si aquests són significativament diferents. Aquesta significància ve determinada arbitràriament a través de dos límits: el valor alfa i el T-valor crític, ambdós estretament relacionats. En els resultats, quan T (en valor absolut) és major a F-valor crític i el p-valor inferior a valor alfa, podem dir que hi ha una diferència significativa.

En el nostre cas hem fet quatre t-test (comparant només fertilitzants i separant-los per dosificació (x2 o x3) i per tipus (vegetal o sòl)) amb un valor alfa de 0,05 que resulta en un T-valor crític de 2,093.



## 4. Resultats

Les següents taules ens mostren els resultats obtinguts pels 4 tests ANOVA amb un valor alfa de 0,05 que resulta en un F-valor crític de 4,26 i pels 4 Student's t-test amb un valor alfa de 0,05 que resulta en un T-valor crític de 2,093.

Taula 5 i 6. Tests ANOVA per tipus vegetal x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).

Tractament	F-valor	P-valor
Pes fresc (g)	0.111727	0.895510
Pes sec (g)	6.713127	0.016432
Nitrogen (%)	1.306262	0.338114
Fòsfor (%)	21.969072	0.001734
Potassi (%)	7.463302	0.023570
Calci (%)	3.491216	0.098716
Magnesi (%)	2.437018	0.167989
Sofre (%)	2.450000	0.166792
Bor (ppm)	0.947106	0.439063
Coure (ppm)	10.638695	0.010643
Ferro (ppm)	1.718478	0.257015
Manganes (ppm)	4.822430	0.056408
Zinc (ppm)	1.315517	0.335943
Sodi (ppm)	1.326526	0.333385

Tractament	F-valor	P-valor
Pes fresc (g)	0.332972	0.725257
Pes sec (g)	17.075780	0.000864
Nitrogen (%)	4.982882	0.053074
Fòsfor (%)	43.709091	0.000265
Potassi (%)	7.238021	0.025160
Calci (%)	4.409161	0.066383
Magnesi (%)	2.043339	0.210479
Sofre (%)	8.190476	0.019267
Bor (ppm)	2.328151	0.178498
Coure (ppm)	44.089202	0.000259
Ferro (ppm)	2.906856	0.131007
Manganes (ppm)	21.657492	0.001801
Zinc (ppm)	1.712166	0.258049

Taula 7 i 8. Tests ANOVA per tipus sòl x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).

Tractament	F-valor	P-valor
Fòsfor (m3-ppm)	3.805926	0.085645
Potassi (m3-ppm)	1.328544	0.332919
Calci (m3-ppm)	1.467175	0.302876
Magnesi (m3-ppm)	3.149154	0.116123
Sofre (m3-ppm)	1.934009	0.224783
Bor (m3-ppm)	1.500000	0.296296
Coure (m3-ppm)	0.281129	0.764353
Ferro (m3-ppm)	32.846154	0.000586
Manganès (m3-ppm)	0.214286	0.813037
Zinc (m3-ppm)	1.565092	0.283802

Tractament	F-valor	P-valor
Fòsfor (m3-ppm)	43.390438	0.000270
Potassi (m3-ppm)	0.897744	0.455957
Calci (m3-ppm)	13.721264	0.005775
Magnesi (m3-ppm)	4.361630	0.067677
Sofre (m3-ppm)	8.777484	0.016527
Bor (m3-ppm)	0.500000	0.629738
Coure (m3-ppm)	1.346775	0.328747
Ferro (m3-ppm)	18.678571	0.002650
Manganès (m3-ppm)	1.655172	0.267643
Zinc (m3-ppm)	2.628184	0.151446

Taula 9 i 10. T-test per tipus vegetal x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).

Tractament	T-valor	p-valor
Pes fresc (g)	-0.004560	0.996524
Pes sec (g)	-0.503472	0.643906
Nitrogen (%)	-1.527435	0.201830
Fòsfor (%)	-5.735393	0.005602
Potassi (%)	3.070718	0.038114
Calci (%)	-6.130791	0.003593
Magnesi (%)	-6.800000	0.003198
Sofre (%)	-4.000000	0.024817
Bor (ppm)	-0.537819	0.620183
Coure (ppm)	-3.603677	0.041887
Ferro (ppm)	-1.036965	0.366841
Manganès (ppm)	-3.341341	0.046113
Zinc (ppm)	-1.539160	0.208334

Tractament	T-valor	p-valor
Pes fresc (g)	-0.626331	0.554236
Pes sec (g)	-2.172566	0.074601
Nitrogen (%)	-3.569755	0.035728
Fòsfor (%)	-8.574929	0.003456
Potassi (%)	2.638129	0.065763
Calci (%)	-3.802598	0.020504
Magnesi (%)	-1.926246	0.138411
Sofre (%)	-6.260990	0.008718
Bor (ppm)	-2.493386	0.069577
Coure (ppm)	-9.615092	0.003404
Ferro (ppm)	-1.659510	0.215295
Manganès (ppm)	-5.325265	0.012025
Zinc (ppm)	-0.755929	0.492383

Taula 11 i 12. T-test per tipus sòl x2 (a l'esquerra) i x3 (a la dreta).

Tractament	T-valor	p-valor
Fòsfor (m3-ppm)	-2.421632	0.081978
Potassi (m3-ppm)	1.308752	0.285694
Calci (m3-ppm)	0.071701	0.946936
Magnesi (m3-ppm)	1.562378	0.244591
Sofre (m3-ppm)	0.423507	0.697311
Bor (m3-ppm)	2.000000	0.183503
Coure (m3-ppm)	-0.354237	0.752079
Ferro (m3-ppm)	-2.449490	0.070484
Manganes (m3-ppm)	-0.282216	0.798410
Zinc (m3-ppm)	0.947389	0.397141

Tractament	T-valor	p-valor
Fòsfor (m3-ppm)	-14.697557	0.001501
Potassi (m3-ppm)	1.039402	0.406127
Calci (m3-ppm)	4.651993	0.010869
Magnesi (m3-ppm)	0.816968	0.483602
Sofre (m3-ppm)	-1.171219	0.315822
Bor (m3-ppm)	1.000000	0.422650
Coure (m3-ppm)	1.170441	0.361860
Ferro (m3-ppm)	1.963961	0.122448
Manganes (m3-ppm)	1.000000	0.374722
Zinc (m3-ppm)	0.789980	0.497606

#### 4.1. Producció de matèria seca de la part aèria de l'enciam

La Figura 7 mostra que la producció de matèria seca en el tractament control és significativament més baixa que en els altres tractaments on es va aplicar pols d'extintor (N.P.) o fertilitzant mineral (S.A.). No obstant, cal senyalar que els enciams als que se'ls hi ha aplicat fertilitzant mineral (S.A.) presenten una tendència a una major producció de matèria seca, tot i no resultar significativa.

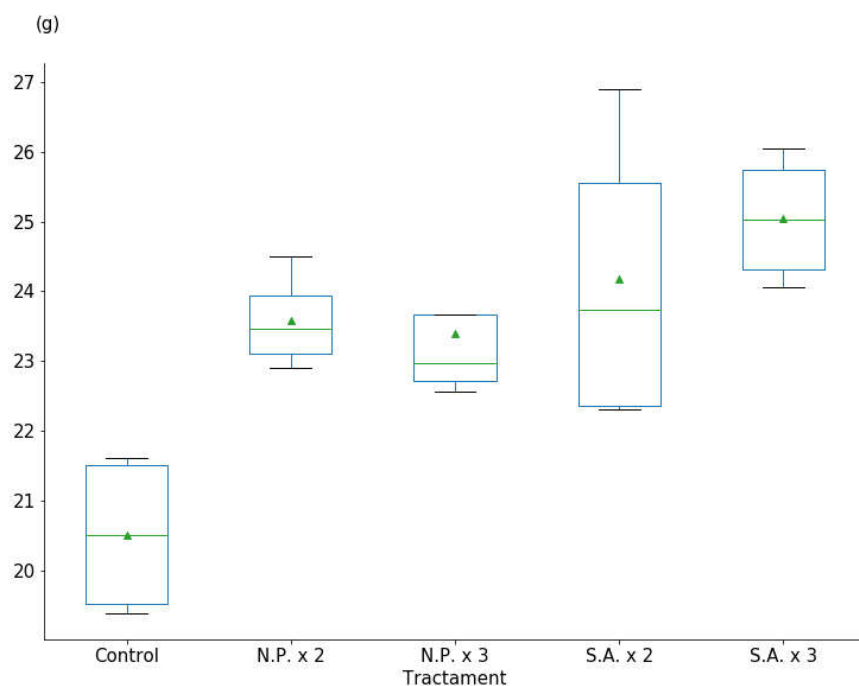


Figura 7. Diagrama de caixes que mostra el rendiment de matèria seca (en grams) de la part aèria dels enciams en cada experiment. Els punts presenten els valors mitjans.

#### 4.2. Macronutrients

Pel que fa als macronutrients, en primer lloc es presenten els resultats obtinguts pels macronutrients primaris (N,P i K) i en segon lloc els macronutrients secundaris (Ca, Mg i S).

#### 4.2.1. Nitrogen

La figura 8 representa els valors relatius (%) de nitrogen present a la fulla. Aplicant un fertilitzant mineral (S.A.) sembla haver-hi una tendència a un major % de nitrogen. El Student's-test ens mostra diferències significatives entre ambdós fertilitzants en el cas de la dosis triple.

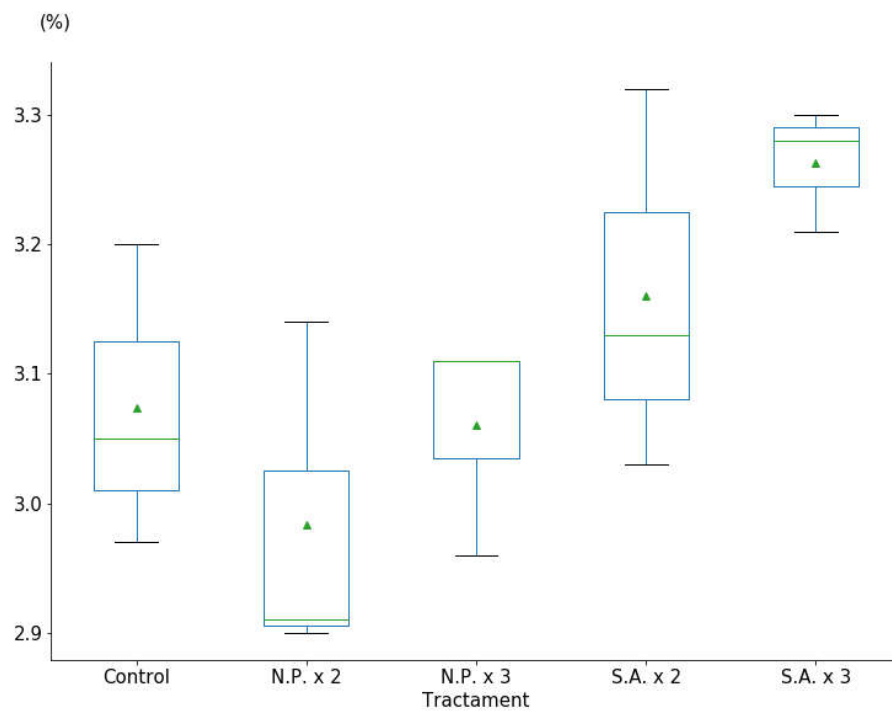


Figura 8. Diagrama de caixes que mostra el percentatge de nitrogen (N) en les fulles.

#### 4.2.2. Fòsfor

La figura 9 mostra que en els experiments tractats amb fertilitzant mineral (S.A.) el contingut de fòsfor (P) en la part aèria es significativament superior que en el tractat amb pols d'extintor i el control. Ambdós tests (el ANOVA i el Student's-Test ho corroboren).

Pel que fa el contingut de fòsfor (P) disponible en el sòl, observem una tendència a majors quantitats en l'ús de fertilitzant mineral. No obstant, aquestes diferències només resulten significatives en el cas de la dosis triple. Els tractaments amb pols d'extintor no mostren diferències significatives amb el control.

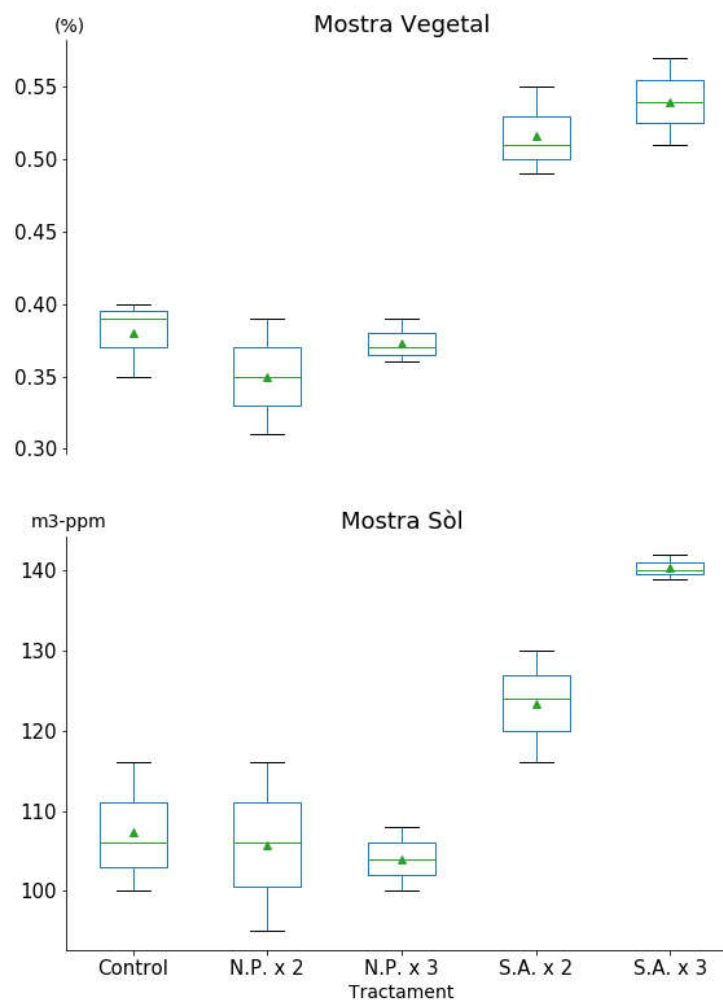


Figura 9. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de fòsfor (% P) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el fòsfor residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm P/m<sup>3</sup> de sòl) .

### 4.2.3. Potassi

A la Figura 10 s'observa que en les rèpliques amb fertilitzant mineral el contingut de potassi (K) és tendencialment menor en les mostres control i les tractades amb pols d'extintor. Aquestes diferències resulten significatives entre el grup de control i el fertilitzant mineral en ambdues dosis, però la diferència entre fertilitzants només ho és en la dosi doble.

En el sòl, la quantitat de potassi disponible en els experiments amb fertilitzant mineral, mostren una tendència a valors inferiors. Tot hi així, no s'han obtingut diferències significatives entre experiments.

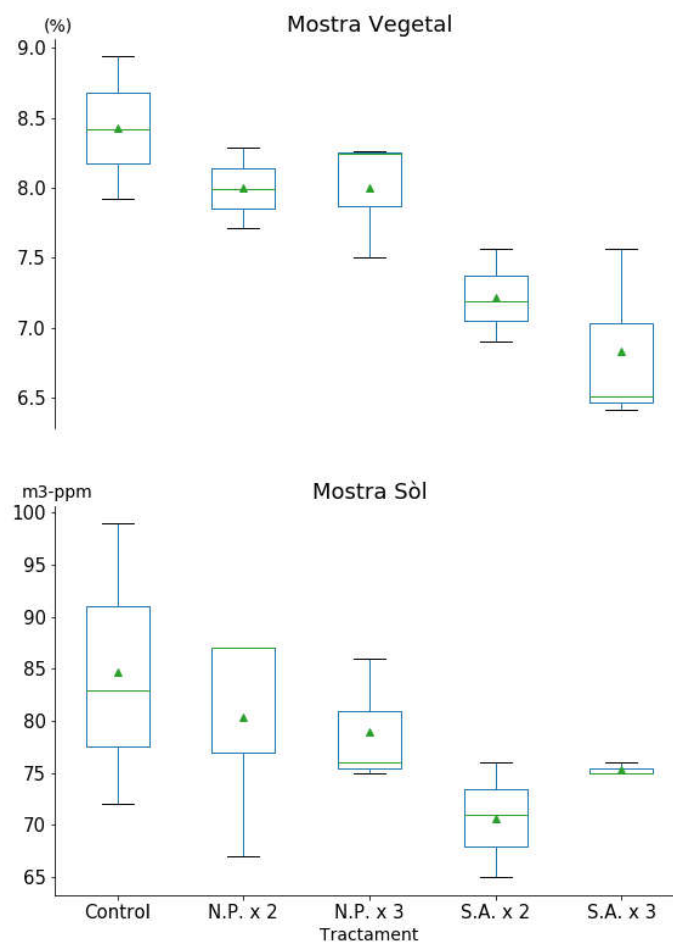


Figura 10. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de potassi (% K) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el potassi residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm K/m<sup>3</sup> de sòl).

#### 4.2.4. Calci

La Figura 11 ens indica que el contingut de calci en l'experiment tractat amb fertilitzant mineral en ambdues dosis és significativament més elevat que l'obtingut amb la pols d'extintor. No obstant, aquestes diferències no resulten significatives respecte a la mostra de control.

El contingut de calci en el sòl és significativament major en les rèpliques tractades amb fertilitzant a base de pols d'extintor en dosis triple (N.P. x3) respecte al fertilitzant mineral. No obstant aquesta diferència no resulta significativa respecte a la mostra de control (tot i que el f-valor és major al valor crític, el p-valor només rebassa el límit de 0.05 lleugerament).

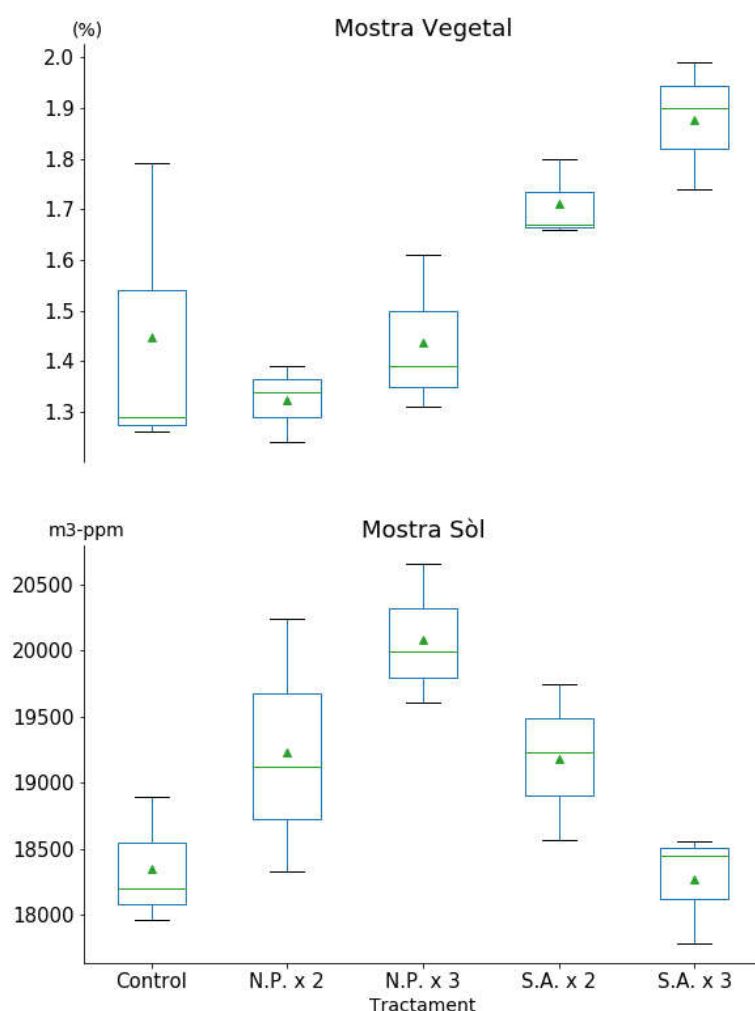


Figura 11. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de calci (% Ca) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el calci residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Ca/m<sup>3</sup> de sòl).



#### 4.2.5. Magnesi

A la figura 12 s'observa que el percentatge de magnesi en els experiments tractats amb fertilitzant mineral (S.A.) tendeix a ser superior als experiments tractats amb fertilitzant de pols d'extintor (N.P.) i el control. Aquesta diferència però, només resulta significativa en la comparació de fertilitzants en dosis doble.

En la mostra del sòl s'observa una major quantitat de magnesi en l'experiment tractat amb fertilitzant de pols d'extintor (N.P. x2). Tot hi així, no s'ha obtingut cap diferència significativa entre experiments.

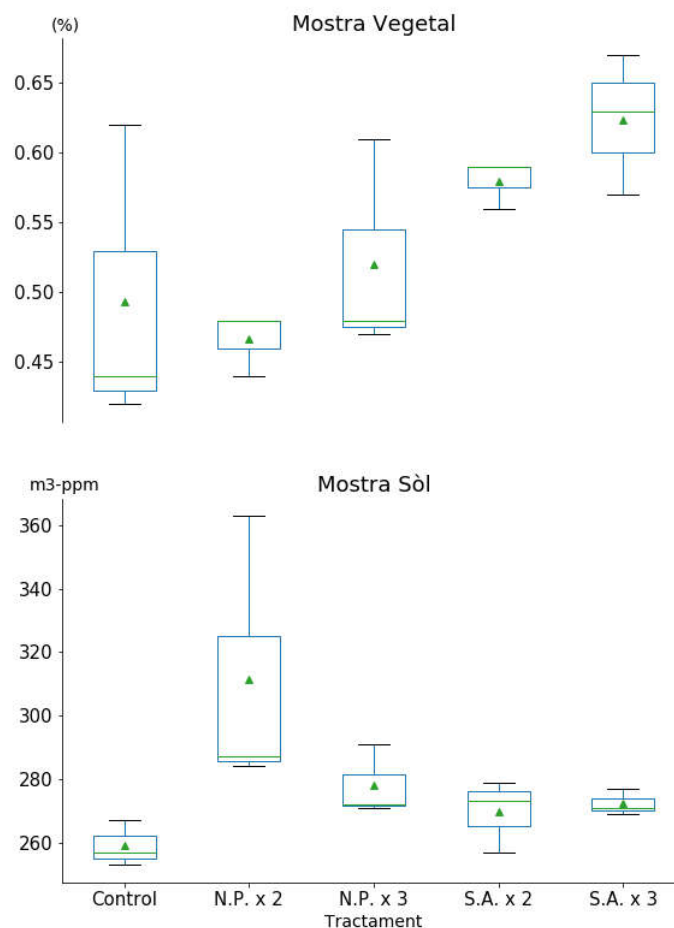


Figura 12. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de magnesi (% Mg) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el magnesi residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Mg/m<sup>3</sup> de sòl).

#### 4.2.6. Sofre

A la Figura 13 s'observa que el contingut de sofre de la part aèria dels enciams tractats amb fertilitzant mineral és significativament superior que en els enciams tractats amb fertilitzant de pols d'extintor. En el cas de la mostra de control, aquesta diferència només és significativa en la dosi triple.

Les mostres de sòl tractades amb fertilitzant (ambdós tipus), presenten valors de sofre significativament superiors a l'experiment control en la dosi triple. Per altra banda, no s'observen diferències significatives entre ambdós fertilitzants.

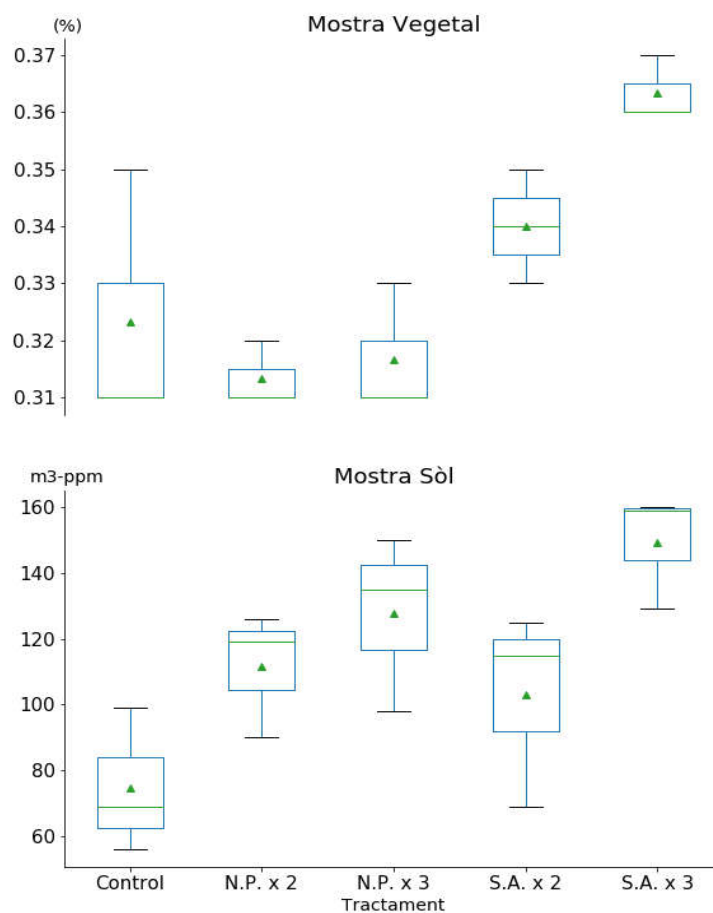


Figura 13. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de sofre (% S) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el sofre residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm S/m<sup>3</sup> de sòl).

### 4.3. Micronutrients

Els resultats presenten els micronutrients que el cultiu absorbeix en forma de catió (Fe, Mn, Zn i Cu) i els que absorbeix en forma d'anió (B).

#### 4.3.1. Ferro

A la Figura 14 s'observa com la quantitat de ferro en la part aèria del cultiu tractat amb fertilitzant mineral és tendencialment superior, no obstant no s'observen diferències significatives.

No s'observen diferències significatives entre fertilitzants.

La quantitat de ferro disponible en el sòl, és significativament menor en el control que en els experiments tractats amb fertilitzant. No s'observen diferències significatives entre fertilitzants.

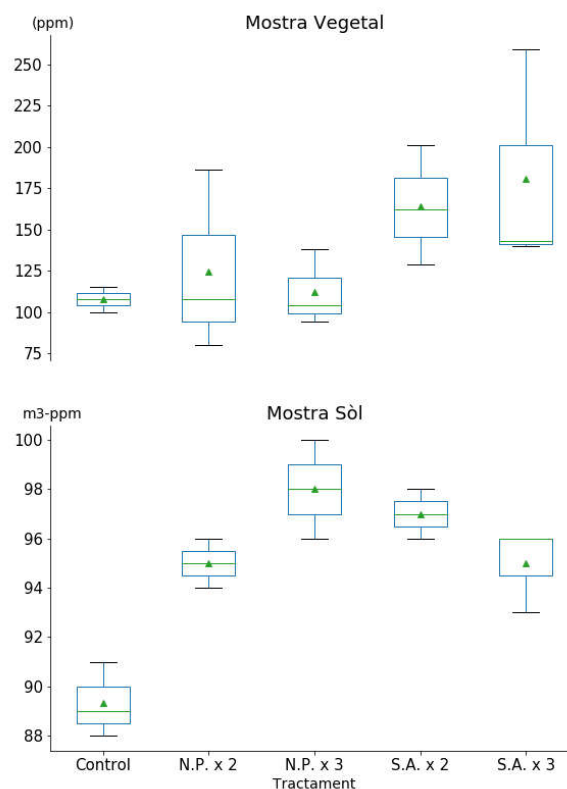


Figura 14. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de ferro (% Fe) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el ferro residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Fe/m<sup>3</sup> de sòl).

### 4.3.2. Manganès

A la Figura 15 s'observa com el contingut de manganès en l'experiment tractat amb fertilitzant mineral en dosis triple és significativament superior al control i als experiments tractats amb fertilitzant de pols d'extintor (N.P.). El fertilitzant mineral obté resultats significativament majors a la pols d'extintor (però no el control) en la dosis doble.

Pel que fa a la quantitat de manganès disponible en el sòl, no s'han obtingut diferències significatives entre experiments.

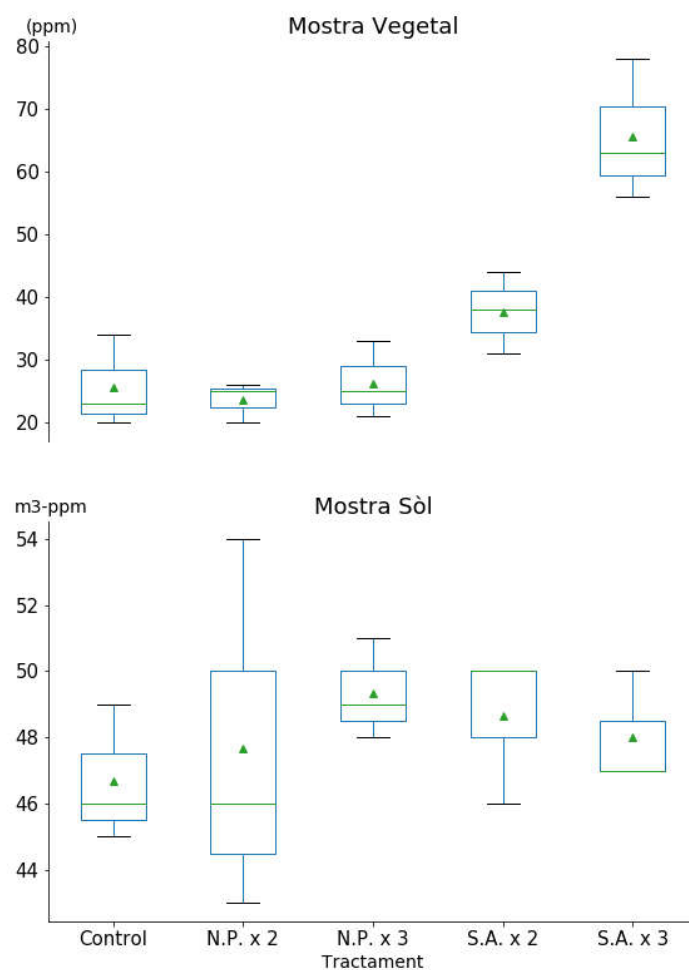


Figura 15. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de manganès (% Mn) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el manganès residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Mn/m<sup>3</sup> de sòl).

### 4.3.3. Zinc

Entre tractaments no s'han obtingut diferències significatives del contingut de zinc (Figura 16).

En el sòl, la quantitat de zinc, tampoc presenta diferències significatives entre experiments.

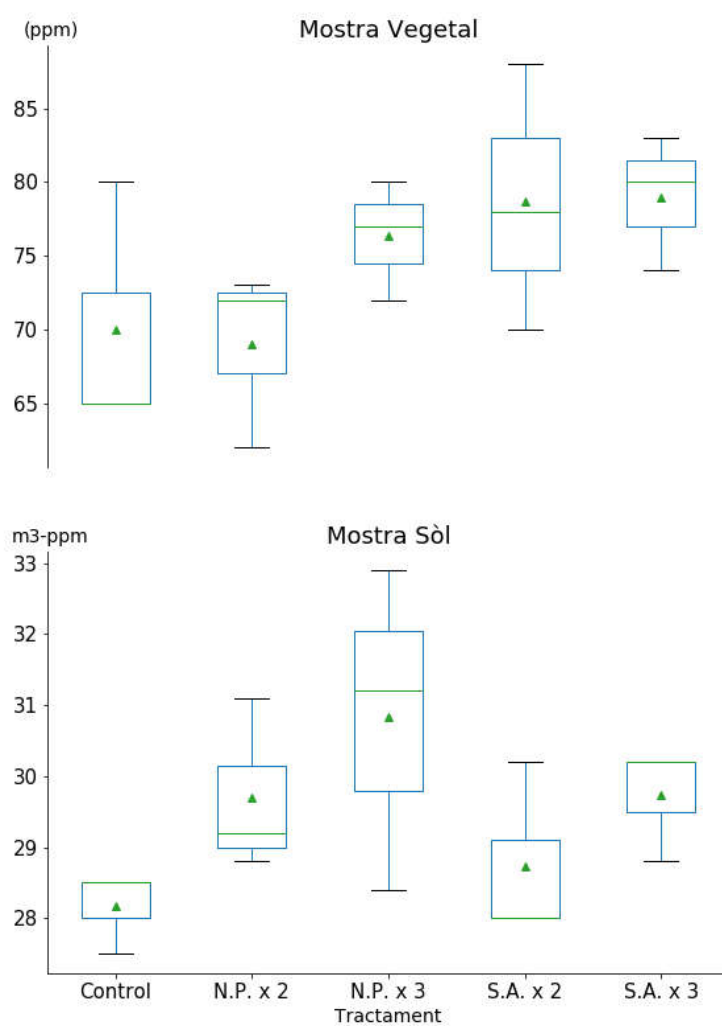


Figura 16. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de zinc (% Zn) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el zinc residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Zn/m<sup>3</sup> de sòl).

#### 4.3.4. Coure

A la figura 17 s'observa que les mostres vegetals que han crescut amb fertilitzant mineral el contingut de coure és significativament més elevat que en el control i els experiments tractats amb fertilitzant de pols d'extintor (N.P.). L'experiment amb la major quantitat de coure, és el tractat amb fertilitzant mineral (S.A. x3).

En la mostra de sòl no es poden apreciar diferències significatives.

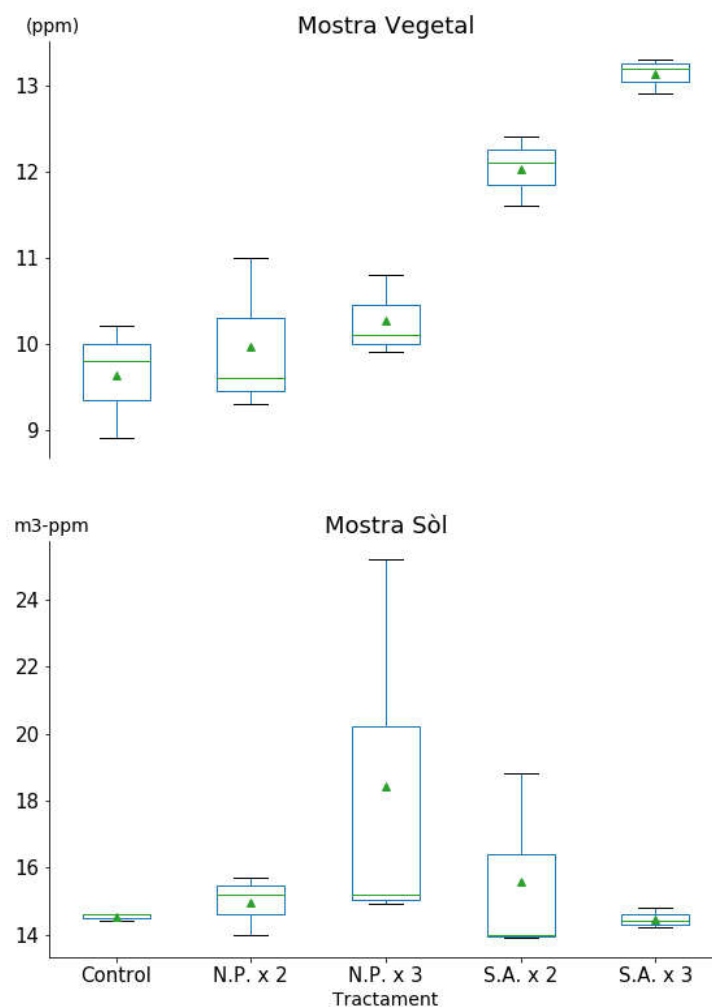


Figura 17. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de Coure (% Cu) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el coure residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm Cu/m<sup>3</sup> de sòl).

#### 4.3.5. Bor

Pel que fa a la quantitat de bor en la part aèria de l'enciam, no s'observen diferències significatives entre experiments (Fig. 18).

En el sòl, la quantitat de bor tampoc és significativament diferent entre el control, i els experiments tractats amb pols d'extintor (N.P.) i fertilitzat mineral (S.A.).

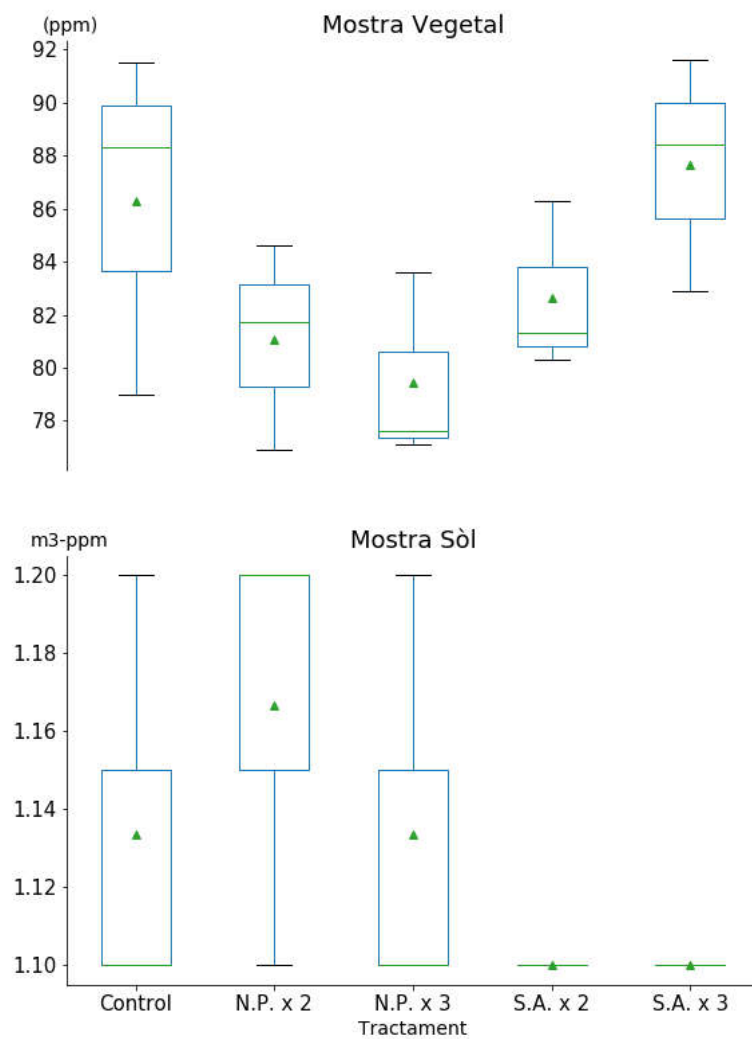


Figura 18. Dos diagrames de caixes, en el superior es mostra el percentatge de bor (% B) en la part aèria de l'enciam. I al diagrama inferior, el bor residual disponible on ha sigut cultivat l'enciam (ppm B/m<sup>3</sup> de sòl).

## 5. Discussió

Com ja s'ha observat en els resultats, els enciams tractats amb fertilitzant mineral i fertilitzant de pols d'extintor, presenten valors superiors de matèria seca, que el control. Això és possiblement degut a l'aportació extra de fòsfor mitjançant aquests dos fertilitzants (Pigna et al., 2014). De tota manera, els valors de P a la part aèria dels enciams tractats amb pols d'extintor, no són significativament diferents que el control. Tampoc sembla tenir un efecte significatiu, si els fertilitzants s'aporten amb dosis doble o bé triple, ja que la dosis doble cobreix els requeriments necessaris pel màxim creixement de l'enciam.

Tal com s'indica a la taula 3 de l'apartat 3.1. de materials i mètodes, el contingut de nutrients en el sòl del Baix Llobregat, no era limitant (Hartz et al., 2007).

Els macronutrients calci, magnesi i potassi es van aportar amb la mateixa quantitat i de forma no limitant en els 5 tractaments. A més a més, es va afegir una solució nutritiva de Hoagland (taula 4), amb la mateixa concentració d'aquests macronutrients en cada tractament.

Els enciams tractats amb fertilitzant mineral (S.A.) van absorbir significativament més calci i magnesi (Fig. 11 i 12). Pel contrari, van absorbir una quantitat significativament menor de potassi (Fig. 10).

Per altra banda, en el sòl, es va obtenir una quantitat significativament superior de Ca en els enciams tractats amb pols d'extintor (N.P. x3), s'observa la mateixa tendència en el Mg i el K en els enciams tractats amb pols d'extintor. Això ens indica, que els enciams tractats amb fertilitzant mineral, absorbeixen millor el Ca i el Mg, en canvi, no absorbeix tan bé el K.

La pols d'extintor, es considera una font de macronutrients primaris N, P i S per al cultiu. Aporta un 15,62% de N, un 9,96% de P i un 12 % de S. Els enciams tractats amb fertilitzant mineral aporten la mateixa quantitat de macronutrients primaris.

La quantitat de nitrogen no és significativament diferent entre tractaments a la part aèria de l'enciam, tot hi que s'observa una tendència (Fig. 8). El Student's-test ens mostra diferències



significatives entre ambdós fertilitzants en el cas de la dosi triple, mostrant que el fertilitzant mineral aporta més nitrogen que pot ser assimilat per l'enciam.

La fertilització aportada tenia com a objectiu realitzar la fertilització de manteniment i especialment cobrir les necessitats de nitrogen (N) que en forma mineral és un element molt poc estable en el sòl (Abd-Elmoniem et al., 1996).

Pel que fa al sofre, els enciams tractats amb fertilitzant mineral (S.A) absorbeixen millor el sofre (Fig. 13). En el sòl, s'observa que la quantitat de sofre és significativament superior en els enciams tractats amb fertilitzant (Fig. 13). Això és degut, a que ambdós fertilitzants ens aporten sofre al cultiu.

Pel que fa al fòsfor, es torna a observar que els enciams tractats amb fertilitzant mineral, absorbeixen significativament millor el fòsfor (Fig. 9). A diferència del sofre, en el sòl, s'observa una quantitat superior de fòsfor en el enciams tractats amb fertilitzant mineral (S.A.).

Per tant, amb el fertilitzant mineral, els enciams absorbeixen més quantitat de Ca, Mg, S i P. En canvi, absorbeixen una quantitat menor de K. D'acord amb la bibliografia, no són macronutrients limitants (Hartz et al., 2007).

Si ens centrem en els micronutrients els enciams tractats amb fertilitzant mineral absorbeixen millor el Mn (Fig. 15) i el Cu (Fig. 17) que els altres tractaments. En canvi, pel micronutrient Fe (Fig. 14) i el Zn (Fig. 16), no s'han observat diferències significatives entre tractaments (Fig. 16).

Quan s'observa el contingut d'aquests micronutrients en el sòl, en els tractaments amb fertilitzant, el sòl conté una major quantitat de Fe (Fig. 14), però pel Mn (Fig. 15), Zn (Fig. 16) i Cu (Fig. 17), no s'obtenen diferències significatives amb el control. Finalment pel B, no s'han obtingut cap diferència significativa entre els 5 experiments (Fig. 18).

Cal destacar, que semblant al cas dels macronutrients, la quantitat de micronutrients en cada experiment mai resulta limitant pels enciams. A més a més, com que aquests micronutrients es van aportar mitjançant la solució nutritiva de Hoagland, el tipus de fertilitzant no té una gran influència en el contingut de micronutrients. La solució nutritiva de Hoagland, no es considera que pugui dificultar les diferències entre tractaments, ja que es va aportar amb la mateixa quantitat en tots els tractaments. El contingut òptim de nutrients a les fulles és molt variable segons autors i



condicions experimentals, per tant el principal criteri és que els continguts no siguin massa baixos (Hartz et al., 2007).

## Conclusions

No s'han obtingut diferències significatives en la matèria seca obtinguda en els experiments tractats amb fertilitzant mineral (S.A.) i fertilitzant de pols d'extintor (N.P.), pel qual podem determinar que els enciams van créixer i desenvolupar-se adequadament en ambdós casos. Pel contrari, sí que s'han obtingut diferències significativament inferiors del rendiment del tractament control, al no tenir una aportació extra de nutrients.

Quan s'analitza la quantitat de fòsfor en el sòl i en la part aèria de l'enciam, s'observa que els experiments tractats amb fertilitzant mineral el seu valor és significativament major. En canvi, en els enciams tractats amb pols d'extintor, tot i que aporta P, no observem diferències significatives de la quantitat de P en el sòl i la part aèria de l'enciam amb el control. Tot hi així, la seva presència pot ser que incrementés el rendiment dels cultius (Pigna et al., 2014).

La quantitat de macronutrients i micronutrients no sembla presentar diferències significativament rellevants amb el cultiu control, tot hi que el fertilitzant mineral, permet una millor assimilació de la majoria dels nutrients.

Finalment, podem concloure que el fertilitzant de pols d'extintor, pot ser utilitzat com a fertilitzant amb interès agronòmic, incrementant el rendiment dels cultius. Tot hi així, al obtenir millor resultats pel tractament amb fertilitzant mineral, s'hauria d'estendre l'estudi per determinar si la pols d'extintor podria substituir el fertilitzant mineral, tal hi com es planteja en la hipòtesi de treball. Quan es té en compte el pes sec de la planta, el rendiment dels tractaments amb fertilitzant és superior al control.

## Bibliografia

### 5.1. Referències bibliogràfiques

- [1] Abd-Elmoniem, E. M., Abou-Hadid, A. F., El-Shinawy, M.Z., El-Beltagy A. S. (1996). Effect of nitrogen form on lettuce plant grown in hydroponic system. *Acta horticulturae*, 434.
- [2] Aroca, R., Vernieri, P., & Ruiz-Lozano, J. M. (2008). Mycorrhizal and non-mycorrhizal *Lactuca sativa* plants exhibit contrasting responses to exogenous ABA during drought stress and recovery. *Journal of Experimental Botany*, 59: 2029–2041.  
<https://doi.org/10.1093/jxb/ern057>
- [3] Boné-Castellet, J. (2011). Seguretat contra incendis. *Generalitat de Catalunya, Departament d'Empresa i Ocupació*.
- [4] Carranza, C., Lanchero, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Crecimiento De Lechuga En Suelo Salino.
- [5] Criollo Escobar, H. A., Lagos Burbano, T. C., Piarpuezan, E., & Perez, R. (2012). The effect of three liquid bio-fertilizers in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cabbage (*brassica oleracea* L. var. capitata. *Agronomía Colombiana*; 29: 415-421.  
<https://doi.org/http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20169>
- [6] Dapoigny, L., Tourdonnet, S., Roger-Estrade, J., Jeuffroy, M., Fleury, A. (2000). Effects of nitrogen nutrition on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.), under various conditions of radiation and temperature. *Agronomie*, 20: 843-855.
- [7] Fallovo, C., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A. (2009). Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7:456-462.
- [8] Gaudreau, L., Charbonneau, J., Vézina, L., Gosselin, A. (1994). Photoperiod and Photoynthetic Photon Flux Influence Growth and Quality of Greenhouse-grown Lettuce. *HortScience*, 29: 1285-1289.
- [9] Grazia, J. De, Tittonell, P. A., & Chiesa, Á. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). 16: 4–9.

- [10] Hartz, T. K., Johnstone, P. R., Williams, E., Smith, R. F. (2007). Establishing lettuce leaf nutrient optimum ranges through DRIS analysis. *HortScience*, 42: 143–146.
- [11] Pigna, M., Caporale, A.G., Cartes, P., Cozzolino, V., Mora, M., Sommella, A., Violante, A. (2014). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on the growth of escarole (*Cichorium endivia* L.) in an arsenic polluted soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14: 199-209.
- [12] Serravinyals-Pons, M. (2016). Documentació addicional per a la tramitació de la fitxa d'acceptació de la pols d'extintor amb codi CER 160509. *Servicios translogísticos y afines, S.L.*
- [13] Su, C. H., Chen, C. C., Liaw, H. J., & Wang, S. C. (2014). The assessment of fire suppression capability for the ammonium dihydrogen phosphate dry powder of commercial fire extinguishers. *Procedia Engineering*, 84: 485–490.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.459>

## 5.2. Bibliografia complementària

- [1] Villar, P., & Villar, J. (2016). Guia de la fertilitat dels sòls i la nutrició vegetal en producció integrada. 128.  
<http://producciointegrada.cat/wp-content/uploads/2015/09/Guia-fertilitat.pdf>
- [2] Reglamento (CE) n° 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 relativo a los abonos (Texto pertinente a efectos del EEE). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32003R2003>



